

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОЛЕЙ НА СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT23

Помельникова А. С., Кузьмина А. В., Шипко М. Н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия
fraulein@list.ru

подавляющая часть отказов деталей машин, механизмов, инструмента и технологической оснастки связана с разрушением поверхностных слоев. Причиной этому служит превышение эксплуатационных напряжений над прочностными характеристиками основного материала в определенных поверхностных зонах деталей. Дополнительными факторами, способствующими такому разрушению, служат многочисленные концентраторы напряжений, дефекты и неоднородность структуры поверхностного слоя.

В большинстве случаев детали, работающие на трение и износ, подвергают объемному термическому упрочнению. При такой обработке наблюдается различие в структуре и свойствах поверхностного слоя и сердцевины вследствие окисления поверхности, неравномерности температурного нагрева и охлаждения. В результате характеристики поверхностного слоя занижены. Практика показывает, что объемная термическая обработка в большинстве случаев не обеспечивает равномерность свойств на поверхности и в сердцевине детали.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что с целью повышения долговечности и борьбы против износа изделий во многих случаях достаточно производить упрочнение именно поверхностного слоя.

Для деталей, разрушение которых начинается с поверхности, разработано большое количество методов поверхностного упрочнения, основанных на нанесении покрытий или изменения состояния (модификации) поверхности.

При модификации поверхности деталей используют как традиционные методы термической, химико-термической и поверхностных обработок, так и современные методы воздействия на поверхность.

Одним из перспективных методов упрочнения поверхности является магнитное воздействие. Наиболее полно взаимодействие электромагнитного поля с металлами изучено применительно к технологиям обработки давлением. Вместе с тем, высокая технологичность магнитных методов делает их перспективными для создания на их основе разнообразных технологий обработки металлов и сплавов. К основоположникам магнитной обработки металлов можно отнести М.Л. Бернштейна. В своих работах [1, 2] он доказывает целесообразность применения обработки в магнитном поле для сталей, в результате которой исходная структура измельчается, а прочность и вязкость возрастают.

Известны различные виды обработки металлов с использованием магнитного воздействия: обработка в постоянном и переменном магнитном поле, магнитно-импульсная обработка и др. Из работ [1, 2] следует, что обработку в постоянном магнитном поле целесообразно применять при термомагнитной обработке сплавов, где важную роль играет непрерывность воздействия магнитного поля.

Магнитное упрочнение на основе метода магнитно-импульсной обработки (МИО) обладает рядом преимуществ по сравнению с методами на основе воздействия других видов энергий, в частности: сохранение геометрии обработанных деталей, отсутствие расходных материалов, простота технологической оснастки, экологическая чистота и низкая себестоимость обработки. Достоинством МИО является возможность реализации полей большой напряженности.

Основными факторами, определяющими воздействие МИО на металлические материалы, являются [3]: непосредственное магнитное воздействие (намагничивание, перемагничивание, магнитоstriction); ток проводимости, индуцированный переменной во времени составляющей магнитного поля; силовое воздействие магнитного поля на индуцированный электрический ток; джоулево тепловыделение; электроннопластический эффект, обусловленный движением электронов и их взаимодействием с дислокациями, вызывающий снижение сопротивления деформированию и повышение пластичности металлов; упругие и пластические деформации. Микроструктура сплава улучшается [4]. Кроме того, вихревое магнитное поле обуславливает более равномерное охлаждение детали.

Основная часть работ [1–4 и др.] по исследованию воздействия магнитных полей на металлические материалы посвящена сплавам на основе железа – сталям различного назначения.

О воздействии МИО на ферромагнетики (в частности стали) известно [5], что на прочностные характеристики поверхности оказывает влияние изменение плотности дислокаций в результате перестройки доменной структуры. Что касается парамагнетиков, к которым относится титан и сплавы титана, то по некоторым моделям [6] вся совокупность физических закономерностей, характеризующих магнитозависимые эффекты в немагнитных кристаллах, объясняется в рамках понятия спин-зависимых электронных переходов во время и после магнитной обработки.

Работы по изучению влияния магнитно-импульсного воздействия на цветные сплавы немногочисленны. В связи с этим, особый интерес представляет исследование влияния магнитных импульсных полей на сплавы титана, являющиеся перспективными материалами практически для всех отраслей, как машиностроения, так и авиастроения, поскольку обладают набором уникальных свойств: высокой удельной прочностью, коррозионной стойкостью, термостойкостью, служебными свойствами.

В работе приведены результаты исследований влияния магнитной импульсной обработки на микроструктуру и прочностные характеристики образцов из титанового сплава ВТ23. Сплав ВТ23 является двухфазным титановым сплавом мартенситного класса. Обширная номенклатура полуфабрикатов позволяет изготавливать из данного сплава сварные, паяные и монолитные конструкции.

Обработку образцов размером 10x10x10 мм проводили в магнитно-импульсной установке. Обработывали 3 группы образцов, изменяя следующие основные параметры:

- напряженность магнитного поля;
- число импульсов;
- частоту повторения импульсов.

В работе использовали методы металлографического анализа, в качестве структурночувствительного параметра была выбрана микротвердость. Анализ микроструктуры проводили на микроскопе Neophot 2, микротвердость образцов измеряли на микротвердомере ПМТ-3.

Микроструктура поверхностного слоя образцов 1-3 группы имеет мелкозернистое строение. Результаты измерения микротвердости приведены на рис.2.

Как видно из рис. 2, наибольшая микротвердость на поверхности (HV412–HV415) у образцов групп 1 и 3, при этом микротвердость образцов группы 3 не претерпевает резкого падения при продвижении вглубь образца и сохраняется на достаточно высоком уровне по сравнению с двумя другими группами.

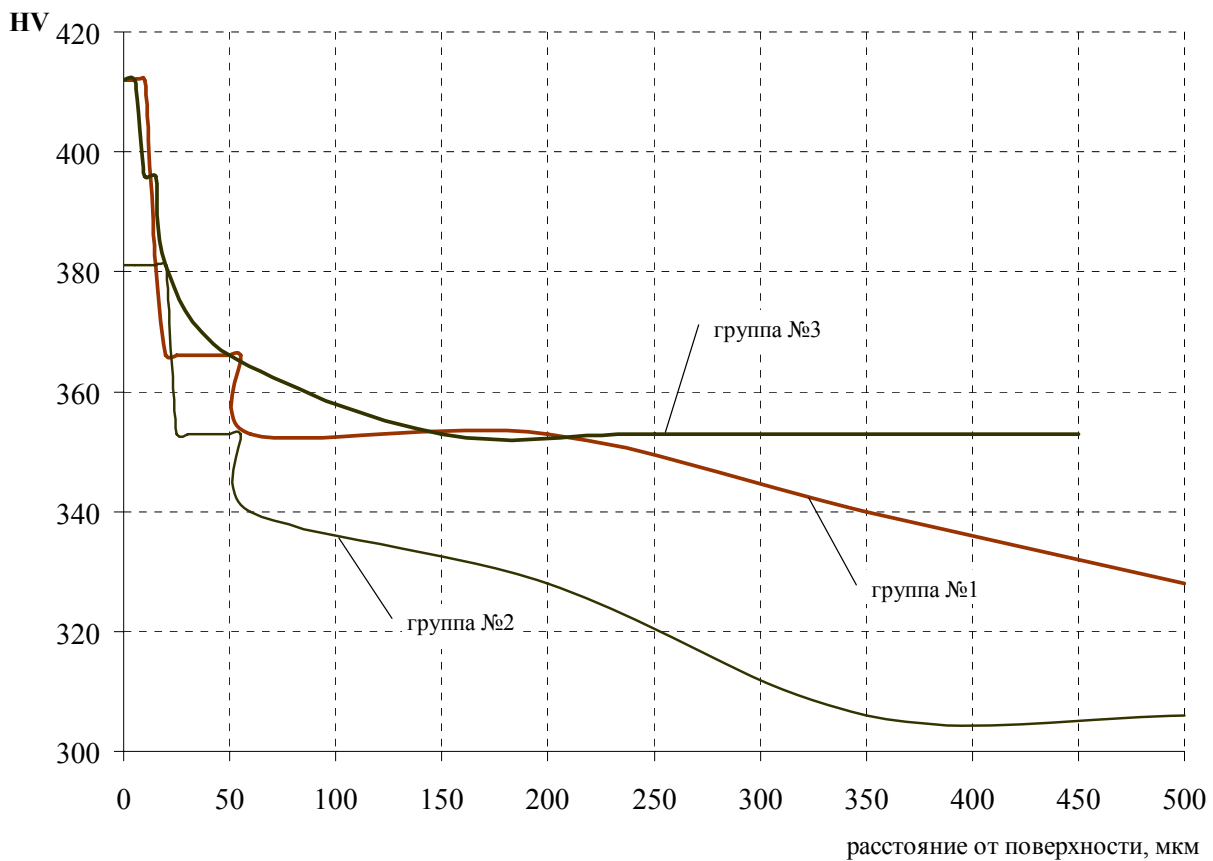


Рис. 2. Изменение микротвердости поверхностного слоя образцов групп 1–3

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности и перспективности применения магнитной импульсной обработки для поверхностного упрочнения деталей из титановых сплавов.

Список литературы

1. Бернштейн М.Л. Термомагнитная обработка стали. М.:Металлургия, 1986. - 96 с.
2. Бернштейн М.Л., Пустовойт В.Н. Термическая обработка стальных изделий в магнитном поле. - М.: Машиностроение, 1987. – 256 с.
3. А.В. Алифанов, В.Н. Алехнович. Улучшение структуры и повышение прочности стальных изделий под воздействием сильного электромагнитного поля // Сборник материалов международной научной конференции «Перспективные материалы и технологии». – 2008. – С. 177 - 184.
4. А.В. Берман, К.М. Петров и др. Экспериментальные исследования магнитно-импульсной обработки деталей горного оборудования и породоразрушающего инструмента // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 2: в 2ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. Ч. II, С. 12-16.
5. А.В. Полетаев, А.С. Помельникова, М.Н. Шипко, В.Ф. Воробьев. Влияние обработки в импульсном магнитном поле и коронном разряде на прочность сталей // МиТОМ. – 2000. - №4. – С. 34-37.
6. В.А. Макара, М.А. Васильев. Вызванные действием магнитного поля изменения примесного состава и микротвердости приповерхностных слоев кристаллов кремния // Физика и техника полупроводников. – 2008.- т.42, вып. 9. – С. 1061-1064